

# ENSINO DA BIOLOGIA: A EVOLUÇÃO COMO EXEMPLO

Cecília Galvão, Cláudia Faria

*Instituto de Educação, Universidade de Lisboa*

[cgalvao@ie.ulisboa.pt](mailto:cgalvao@ie.ulisboa.pt); [cbfaria@ie.ulisboa.pt](mailto:cbfaria@ie.ulisboa.pt)

**Paula Serra**

*Agrupamento de Escolas de Vergílio Ferreira*

*UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa*

[pserra@ie.ulisboa.pt](mailto:pserra@ie.ulisboa.pt)

## Resumo

Numa sociedade cada vez mais exigente, é fundamental preparar os indivíduos para uma intervenção responsável. Com essa finalidade, são vários os relatórios da União Europeia que indicam o que deve ser a Educação em Ciências hoje. Pensamento crítico e capacidades de comunicação são duas das competências indispensáveis que podem ser desenvolvidas se forem criados ambientes de aprendizagem estimulantes e com assuntos que se tornem relevantes para os alunos. O ensino da Biologia pode associar temáticas contextualizadas no dia-a-dia a metodologias de resolução de problemas. Uma dessas temáticas é a Evolução dos seres vivos que, pela sua complexidade, é uma das mais difíceis de ensinar, mas muito aliciante pela perspetiva de ligação à natureza da ciência, isto é, à forma como os cientistas trabalham. É também uma das temáticas que mais concepções alternativas tem gerado, por ter inerente uma forma de pensamento que, por vezes, é contra intuitiva. Neste capítulo, discutiremos alguns aspetos inerentes à Educação em Ciências, à natureza da ciência ligada à temática da evolução e apresentaremos algumas das concepções alternativas que se têm detetado e para as quais apresentamos algumas explicações. Propomos também uma atividade, um exemplo de ensino da evolução, que foca estas perspetivas. Essa atividade inclui uma apresentação, justificação para os professores, e uma sequência para os alunos do ensino básico, passível de ser explorada em sala de aula.

Palavras-chave: Ensino da Biologia, Teoria da Evolução, Resolução de Problemas, *Inquiry*, Natureza da Ciência, Concepções Alternativas.

## INTRODUÇÃO

A Educação em Ciências tem sido apontada, desde há algumas décadas, como tendo de cumprir dois objetivos: preparar alunos para seguirem carreiras científicas e tecnológicas e providenciar, aos cidadãos em geral, o conhecimento suficiente, de modo a capacitá-los para decisões sensíveis sobre assuntos relacionados com a ciência ou suas aplicações que afetam as suas vidas (Harlen, 1999). O primeiro destes objetivos teve uma forte influência no ensino das ciências no século passado, mas há um consenso de que tem de ser dada maior atenção ao segundo objetivo na atualidade. São vários os relatórios da Comissão Europeia que indicam este caminho. Neste capítulo procuraremos indicar desafios que hoje são inerentes à Educação em

Ciências e que são tidos em conta nos currículos de vários países europeus. O ensino da Biologia inscreve-se nestes desafios e aparece nos currículos com temáticas fundamentais para a compreensão dos cidadãos relativamente ao mundo e às suas vidas, associado a metodologias desafiadoras que se pretendem relevantes para os alunos. Uma dessas temáticas é a evolução dos seres vivos que, no ensino básico, pode ser explorada em várias perspetivas e em vários momentos do currículo. Procuraremos evidenciar em que situações curriculares surge a temática da evolução. Por ser um tema que mereceria estar mais visível no currículo português e por seguir, na sua história de descoberta e elaboração científicas, um processo que permite abordar questões da natureza da ciência, escolhemos a Evolução como o tema sobre o qual desenvolveremos a nossa proposta prática. Não é um tema de fácil abordagem e são muitas as concepções alternativas a ele associadas. Apresentaremos algumas dessas concepções e a explicação sobre a sua origem. A atividade que propomos para os alunos desenvolve-se utilizando uma metodologia de *inquiry*, estabelece uma relação forte com o processo de investigação científica (natureza da ciência) e despista algumas concepções alternativas. Indicações para os professores iniciarão a proposta da atividade.

A estrutura do capítulo segue, assim, um percurso do mais abrangente para o particular. Começa na Educação em Ciências, passa para o ensino da Biologia, centra-se no tema da Evolução, a partir do qual, discutimos aspetos da natureza da ciência e concepções alternativas identificadas em várias fontes e terminamos com uma proposta de ensino da Evolução.

## **1. A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS NA SOCIEDADE ATUAL**

Lord Kelvin, físico, escreveu, em 1899, que “a rádio não tem futuro. As máquinas voadoras mais pesadas do que o ar são impossíveis. Os raios X revelar-se-ão um embuste” (Kaku, 2008, p.12). Passaram apenas 117 anos após esta afirmação e o mundo, tal como o conhecemos hoje, pareceria, a este físico, um filme de ficção científica. O investimento na ciência faz-se, em primeiro lugar, pelo desenvolvimento da imaginação. José António Marina (1995) disse, a propósito da inteligência, o seguinte:

“O possível, que ainda não existe, surge da ação da inteligência sobre a realidade ... O bloco de mármore continha como possibilidade o David que Miguel Ângelo inventou. Que uma das possibilidades da pedra era ser castelo ou catedral ou aqueduto, foi uma descoberta magnífica. Contemplada a partir desta função a inteligência converte-se em fecundadora do real, que adquire assim um carácter sem limites”. (p. 20)

Num mundo cada vez mais incerto, contraditório nos pedidos que faz à sociedade e à escola, a educação dos jovens tem de ser pensada de uma forma transdisciplinar, aberta e abrangente. Pensar, imaginar, projetar são atividades inerentes ao ser humano e a escola tem responsabilidade de estimular os alunos proporcionando situações em que estes as pratiquem, desde muito cedo, para que a capacidade criadora de cada um se desenvolva no máximo das suas potencialidades.

A Educação em Ciências pode contribuir para essa dimensão criadora, estimulando a capacidade de raciocínio e a imaginação, uma vez que a própria natureza de investigação científica se baseia nessas competências. Mas sabemos que cada vez mais há jovens que não gostam de ciências, têm dificuldade na sua aprendizagem e evitam carreiras científicas, como identificou o projeto *ROSE* (Schreiner & Sjøberg, 2004). Para estes autores, há um paradoxo entre a importância crescente da ciência e da tecnologia nas sociedades modernas e o facto de os jovens perderem o interesse em ciência e tecnologia ao longo da escolaridade. Captar para a compreensão e o gosto pela ciência parece ser o caminho natural. De modo a promover uma mudança de ênfase na Educação em Ciências, recomendações internacionais (Autio, Kaivola, & Lavonen, 2007; European Commission, 2004; UNESCO-ICSU, 1999) referem que os professores devem desenvolver estratégias de ensino crítico, organizar ambientes de aprendizagem desafiadores, dar apoio cuidadoso aos alunos na perspetiva de autorregulação e de aprendizagem baseada em resolução de problemas e de tomadas de decisão.

Tornar um assunto ensinável e aprendido, o “dar a ver” a importância de saber e compreender algo, liga-se de forma intensa à curiosidade que se vai autoestimulando, levando ao círculo de aprendizagem, estímulo e nova aprendizagem. Carl Sagan valoriza bem num dos seus livros (*O Mundo infestado de demónios*, 1997) a

importância do questionamento e de como a escola deve ter como meta central o estímulo da curiosidade natural do aluno, promovendo a formulação de questões (“num jardim infantil [as crianças] nunca ouviram falar de perguntas estúpidas” afirma na página 322) e não castrando perguntas incómodas. O *inquiry*, tão valorizado na Educação em Ciências nos Estados Unidos da América, nos anos 60, interpretado por vezes de forma restrita, evoluiu para uma ideia mais abrangente de resolução de problemas, incluindo a perspetiva da interdisciplinaridade necessária à explicação global sobre o mundo. Assenta na capacidade de analisar situações-problema, de planificar caminhos para encontrar respostas a questões levantadas e encontrar formas claras de comunicar esses resultados. Metodologias de resolução de problemas (*problem based learning*, trabalho experimental, ou trabalho de projeto) desenvolvem nos alunos competências que lhes serão úteis toda a vida. A perspetiva de aprendizagem permanente tem de ser criada na escola com ambientes de aprendizagem criativos e envolventes para os alunos.

Por alguma razão a Comissão Europeia tem financiando projetos que valorizam as pedagogias ativas e promovem a formação de professores. Os projetos *PARSEL*, *PRIMAS*, *ESTABLISH*, *SAILS* e *IRRESISTIBLE* são alguns deles, em que a valorização de atividades de *inquiry* nos currículos de vários países envolvidos é um objetivo muito forte, contribuindo para o desenvolvimento de competências diversas.

Um dos conceitos chave destes projetos, já identificado no projeto *ROSE*, é o de relevância. No contexto de aprendizagem, a relevância diz respeito às perceções dos alunos de que um determinado assunto se relaciona com o seu dia-a-dia, compreendendo o propósito de o estudar (Holbrook, 2008). Trata-se de uma dimensão afetiva que reflete o desejo de quererem aprender mais sobre esse assunto. Esta perspetiva talvez recrie duas das sete categorias de relevância enunciadas por Fensham (2000), *a ciência que é preciso conhecer* e *a ciência aprendida por curiosidade natural*. Os sete diferentes tipos de relevância da ciência relacionam-se com quem decide o que é relevante para ser incluído nos currículos de ciências.

Colocar a tónica no público em geral que tem de resolver questões científicas no seu dia-a-dia, tomando decisões sobre ciência e tecnologia, e nos alunos que querem aprender ciência, muda completamente de perspetiva os currículos escolares. No

entanto, não se pode perder de vista as outras categorias que dão ênfase ao conhecimento de peritos e decisores educacionais sobre o que deve ser ensinado. Uma destas categorias, *a ciência enquanto cultura*, centra-se nos aspetos da ciência que comprometem as características de uma cultura local, nacional e global, indissociável da sociedade atual, funcionando como uma categoria super ordenada das categorias de relevância de *ciência como necessidade de saber*, *ciência funcional*, *ciência com estímulo a ser aprendida*, *ciência com motivo para saber* e *ciência aprendida por curiosidade pessoal* (Aikenhead, 2009). Este autor sugere que o tema da relevância aponta para a necessidade de ensinar aos estudantes como aprender conteúdos canónicos da ciência e da tecnologia dentro de um contexto relevante, no qual estão inseridos. Este pensamento relaciona-se, de certo modo, com o *Educar através da ciência* (Projeto PARSEL) e que defende um ensino contextualizado.

Num parecer sobre *Draft Specification for Junior Cycle Science Review and Critique*, Galvão e Serra (2014), tendo por base múltiplos relatórios e recomendações europeias (European Commission, 2004, 2007; European Commission/Eurydice, 2011; Fensham, 2008; NRC, 2007, 2012; OECD, 2013; Osborne & Dillon, 2008; Royal Society, 2014), identificaram seis desafios hoje para o ensino das ciências (apresentados em seguida).

### *1.1. Motivação para seguir carreiras científicas*

Em 2004, o relatório *Europe Needs More Scientists* (da Comissão Europeia) reconheceu a baixa taxa de profissões associadas a investigação e desenvolvimento em muitos países europeus, quando comparada com a existente nos Estados Unidos da América ou Japão. Uma das razões, de acordo com o estudo, tinha a ver com as perceções dos estudantes sobre a ciência escolar. Consideravam-na difícil, aborrecida, com assuntos irrelevantes, caracterizada por muitos conceitos e factos científicos, com pouca relação com problemas do mundo de hoje. Esta perceção leva os jovens a não prosseguirem estudos em áreas científicas.

Algumas soluções foram propostas para tornar a ciência mais atrativa e sentida como relevante pelos estudantes: (i) contextualizar tópicos científicos em problemas e situações do dia-a-dia; (ii) associar realizações tecnológicas ao desenvolvimento do conhecimento científico; (iii) mostrar como a ciência pode dar um contributo significativo na resolução de muitos dos problemas que o planeta e a humanidade

enfrentam, como a fome no mundo, a sobre exploração dos recursos, as novas epidemias, alterações climáticas, etc.; e (iv) promover um ensino com ênfase em *inquiry based learning* (IBL) no qual os alunos sintam o desafio de alcançar respostas para problemas usando processos científicos.

### *1.2. Ciência para todos os cidadãos (Literacia científica)*

Dada a complexidade dos problemas do mundo e a dificuldade de qualquer cidadão fazer juízos fundamentados, com decisões que implicam conhecimento científico diverso, argumenta-se que a Educação em Ciências na escola deve ter o propósito principal de formar cidadãos críticos, capazes de discutir questões socio científicas, pesando interesses contraditórios, reconhecendo a relevância do conhecimento, contribuindo para um mundo mais justo.

### *1.3. Construção de atividades de inquiry autênticas (natureza da ciência)*

O envolvimento dos alunos com atividades que espelham as atividades desenvolvidas por cientistas (investigação autêntica) tem sido um dos objetivos da educação científica. Wellington (1998), Chinn e Malhotra (2002), e Duschl (2003, 2008) fazem uma análise retrospectiva do que tem sido o debate sobre trabalho prático nas aulas de ciências. A ênfase no conteúdo ou no processo tem marcado o debate. Uma ideia normativa da investigação científica tem sido acompanhada de um conjunto de atividades restritivas de trabalho prático em sala de aula. Mas a ciência distingue-se de outras formas de conhecimento, apelando à evidência para a explicação científica. Duschl (2003, 2008) sugere que o *inquiry*, tal como concebido nos currículos de ciências e educação científica, deve mover-se para um novo contínuo (explicação pela evidência) que inclua (i) seleção de dados de modo a tornarem-se evidências; (ii) usar evidências para determinar padrões de evidências e modelos; e (iii) utilizar os modelos e padrões para propor explicações. Neste modelo, o trabalho prático consegue acolher atividades diversificadas que espelham a variedade de trabalhos desenvolvidos pelos cientistas.

### *1.4. Seleção e exploração de ideias nucleares*

Recomendações internacionais chamam a atenção para a necessidade de desenvolver o currículo à volta de ideias científicas nucleares, evitando a proliferação de tópicos irrelevantes. Uma vez identificadas as ideias chave de cada área científica, os conceitos

devem ser selecionados de acordo com o nível de ensino, de modo a facilitar a compreensão destas ideias chave de forma mais progressiva e profunda e a estabelecer a ponte com tópicos mais recentes e relevantes, considerando o ponto de vista da investigação, da economia e da sociedade.

De acordo com os *Next Generation Science Standards* (NRC, 2012), as ideias nucleares de referência para o ensino da Biologia, no ensino básico, são quatro: (i) Das moléculas aos organismos: estruturas e processos; (ii) Ecossistemas: interações, energia e dinâmicas; (iii) Hereditariedade: herança e variação através de gerações; e (iv) Evolução biológica: unidade e diversidade.

### *1.5. Definição de metas de aprendizagem*

Apesar de serem apresentados com designações diferentes (*standards*, objetivos, *performance expectations*, *learning outcomes*), todos os currículos contemporâneos (e avaliações internacionais como o *PISA*) perseguem a ideia que a aprendizagem dos alunos tem um carácter sistémico, de modo que, numa situação concreta, os alunos são capazes de mobilizar conhecimento, competências e atitudes, em simultâneo. Esta forma de compreender a aprendizagem teve duas consequências em termos de desenvolvimento curricular. Por um lado, os currículos foram desenhados para desenvolver competências (um conceito sistémico que mobiliza um vasto conjunto de recursos de diferentes domínios) e, por outro lado, os currículos foram pensados e organizados à volta de situações de aprendizagem que têm o potencial de promover a mobilização e o desenvolvimento dessas competências.

### *1.6. Alinhamento entre currículo, ensino e avaliação*

Apesar de a avaliação ter sido reconhecida como parte do processo de ensino-aprendizagem e como tendo uma natureza formativa, professores e sistemas de avaliação colocaram a avaliação dentro de uma linha temporal segundo a qual primeiro se ensina e, em seguida, se avalia. Além disso, não tem sido fácil encontrar soluções para a avaliação do desempenho e do raciocínio, nomeadamente em contextos de trabalho prático.

Poucos tópicos de educação ganharam um tão extensivo consenso de ter de se pensar a avaliação em sintonia com o currículo e o ensino. Do mesmo modo, há concordância total sobre o papel fulcral da avaliação dos professores (em especial a avaliação

formativa) para que esse alinhamento seja alcançado. Este consenso resulta, em parte, das fortes evidências científicas que iluminam a relação entre avaliação formativa e melhoria das aprendizagens (Black & William, 1998). Esta concordância não significa que seja seguida por todos os professores.

Os desafios enunciados obrigam a que se pense, de forma concertada, nos vários aspetos, quando se desenvolvem currículos, ou mesmo quando se pensa em atividades de aprendizagem para os alunos. A visibilidade global que os media e a internet permitem, os sistemas de avaliação internacional, os múltiplos projetos e os documentos que circulam hoje em dia não nos permitem ignorar os desenvolvimentos e as propostas que são feitas.

O currículo português, tendo como referência as Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais (CFN) para o 3º ciclo do ensino básico (Galvão, Coord., 2001) foi pensado tendo em conta as recomendações internacionais. Tendo sido implementado em 2001, muito antes dos relatórios que agora são uma referência, já tinha em conta resultados de investigação, estando em concordância agora com alterações curriculares de outros países e com os desafios identificados, embora não tenha sido compreendido na sua essência pelos professores (Galvão, Faria, Freire & Batista, 2016).

Ensino contextualizado, grandes áreas apresentadas como chave, desenvolvimento de competências (compreendidas num sentido lato de conhecimentos, capacidades e atitudes), situações de aprendizagem baseadas em resolução de problemas, interdisciplinaridade e avaliação formativa, em sintonia com o currículo, caracterizam o currículo das CFN.

## **2. TEORIA DA EVOLUÇÃO E NATUREZA DA CIÊNCIA**

A história da teoria da evolução é um capítulo, talvez o mais importante, da revolução científica que preencheu os últimos séculos da história da ciência. O aspeto central desta revolução foi o abandono da noção de estabilidade de todas as coisas: que a Terra era o centro do Universo, que os organismos vivos eram imutáveis, que os continentes se mantinham fixos no local onde estavam, e assim por diante. A fluidez e a mudança tornaram-se centrais para a nossa compreensão acerca do mundo que nos rodeia. Aceitar a possibilidade de mudança, e ver essa mudança como um agente de



oportunidade em vez de uma ameaça, é a mensagem silenciosa e o desafio que a ideia de evolução nos transmite (NRC, 1998).

Ensinar Biologia sem explicar a ideia de evolução priva os alunos de um poderoso conceito que permite integrar o conhecimento que temos acerca do mundo vivo (AAAS, 1993; Akyol, Tekkaya, Sungur, & Traynor, 2012; Millar & Osborne, 1998; NRC, 1998; NSTA, 2003). De facto, a teoria da evolução é hoje considerada uma teoria que devido à sua enorme capacidade explicativa tem o poder de unificar as ciências biológicas, explicando não só a diversidade existente no mundo, como abrindo uma série de novas questões relacionadas com a vida na terra. De acordo com as palavras do biólogo Theodore Dobzhansky (1973, p. 125) “Nada na Biologia faz sentido exceto se for visto à luz da evolução”. Mas ensinar a evolução tem ainda uma outra importante função. O ensino da evolução oferece uma oportunidade única para compreender a natureza da ciência e para diferenciar a ciência de outros empreendimentos e formas de compreensão da vida (NRC, 1998).

Darwin (1809-1882), cuja teoria constitui a base da teoria evolutiva moderna, defendeu que a diversidade biológica se deve a um processo de ancestralidade comum resultante, em grande medida, da ação da seleção natural. Subjacente a esta teoria encontram-se conceitos distintos, embora interligados, nomeadamente: i) a ideia de evolução enquanto tal, ou seja, a de que o mundo não é constante nem perpetuamente cíclico, mas que está em mudança permanente, e os organismos têm-se transformado no decurso do tempo; ii) a ideia de ancestralidade, i.e. cada grupo de organismos descende de uma espécie ancestral; e iii) a ideia de seleção natural como principal mecanismo de mudança evolutiva, sendo responsável pela construção gradual de adaptações (Mayr, 2009).

Existem duas questões distintas no que diz respeito a esta teoria. A primeira é a questão histórica de determinar se ocorreu evolução, no sentido de modificação por ramificações sucessivas a partir de um ancestral comum. A segunda é, tendo ocorrido de facto evolução, quais os mecanismos responsáveis por ela (Faria & Pereira, 2009).

A afirmação de que as espécies são o resultado de um processo natural de transformação de espécies pré-existent, fenómeno a que chamamos evolução, é uma hipótese já amplamente comprovada por inúmeras provas. Existem abundantes

evidências diretamente observáveis da evolução em curso, sendo possível observar algumas das etapas do processo de formação de novas espécies (Gaspar, Mateus & Almada, 2007). Além disso, a quantidade de evidências indiretas provenientes do registo fóssil, Embriologia, Morfologia Comparada, Bioquímica, Biologia Molecular, Biogeografia, etc. prova que a ancestralidade comum dos organismos é um facto científico (Futuyma, 2009).

Contrariamente ao facto histórico da evolução, universalmente aceite pela comunidade científica, a teoria evolutiva está sujeita a debate sobre quais os mecanismos evolutivos mais importantes e em relação às condições em que operam (Futuyma, 2009). Sendo a Biologia Evolutiva uma ciência, coexistem várias correntes, aceitam-se vários mecanismos evolutivos, existem inúmeras questões em aberto, que são objeto de intensos debates e acesas controvérsias, como é próprio de qualquer área de conhecimento científico em plena atividade (Levy, Carrapiço, Abreu & Pina, 2009).

No entanto, e independentemente da sua aceitação pela comunidade científica, inúmeros estudos têm demonstrado que o ensino da evolução se tem deparado com diferentes obstáculos (BouJaoude, Asghar, Wiles, Jaber, Saredidine & Alters, 2011; Sanders & Ngxola, 2009), relacionados não só com dificuldades conceptuais associadas à compreensão da ideia de evolução, como com dificuldades relacionadas com a implementação de estratégias pedagógicas adequadas ao ensino desta temática.

No seguimento destes estudos, a compreensão acerca da natureza da ciência tem emergido como um constructo essencial para a compreensão e aceitação da ideia de evolução (Lombrozo, Thanukos & Weisberg, 2008; Nehm & Schonfeld 2007), sendo essencial um maior investimento no aumento da compreensão acerca do empreendimento científico e do raciocínio científico de forma a contextualizar a controvérsia e dar suporte às necessidades de aprendizagem dos alunos nesta temática (Bilica, 2012; McComas, 2004; Scharmann, 2005).

A ciência, independentemente da definição que se utilize, investiga o mundo empírico, ou seja, debruça-se sobre fenómenos naturais observáveis (Avelar, 2007), centrando-se na determinação da natureza da realidade. Segundo Futuyma (2009), o cerne do modo de pensamento científico é a exigência da evidência, o hábito de ceticismo

aperfeiçoado, e a sua fonte de progresso é o confronto, não apenas das visões não científicas, mas também das visões científicas estabelecidas, e a descoberta dos erros. Os cientistas compreendem que todas as ideias atualmente aceites podem ser provisórias, e que embora constituam de momento as melhores explicações disponíveis, podem-se revelar como falsas ou incompletas pela investigação subsequente.

A característica mais importante da ciência é a sua capacidade de formular hipóteses, estimuladas pela observação, ou mesmo pela intuição, e a possibilidade de, a partir dessas hipóteses, deduzir conclusões que podem ser testadas direta ou indiretamente pela observação ou experimentação (Futuyma, 2009). Uma hipótese é um modelo provisório, uma construção elaborada para explicar um dado conjunto de observações. Quando uma hipótese se torna suficientemente segura, passa a teoria. Segundo Avelar (2007), uma teoria científica será uma hipótese (ou conjunto de hipóteses) particularmente abrangente e sólida (apoiada por múltiplas observações empíricas). Uma teoria científica viável é um programa de investigação que resolve problemas, que explica muitos factos aparentemente desconexos, e até novos fenómenos, sendo além disso, direta ou indiretamente, verificável.

Se uma teoria científica pode ser corroborada por observações que estão de acordo com as suas previsões, e se pode ser falsificada por observações ou experiências que são incompatíveis com ela, uma teoria não científica é o seu oposto. Segundo Futuyma (2009), o cerne de uma teoria não científica é não poder ser falsificada, escudando-se numa fortaleza impenetrável, protegida da crítica.

O desconhecimento das discussões atuais entre os cientistas sobre aspetos concretos do mecanismo de evolução dificulta a distinção da natureza da contestação de que uma teoria evolucionista pode ser alvo. Apesar de não existir uma definição consensual acerca da noção de “natureza da ciência”, existe um consenso generalizado relativamente ao facto de o conhecimento científico ser exploratório, baseado na evidência e subjetivo (dependendo do *background* individual, e do referencial teórico de base), envolver a inferência humana, a imaginação e a criatividade, e ser cultural e socialmente dependente (Lederman, 2007). A compreensão acerca da natureza da ciência envolve um conjunto de dimensões relacionadas com as formas como o

conhecimento científico é produzido e as características que o definem, aspetos esses que diferenciam a ciência de outras formas de conhecer o mundo (Kampourakis & Gripiotis, 2015). Do ponto de vista da educação em ciência, é necessário que os alunos compreendam não só os conceitos chave e os princípios que regem a atividade científica, assim como as aplicações do conhecimento científico, mas também que valorizem os contextos sociais e culturais em que a ciência se desenvolve e evolui. Para além disso, os objetivos e motivações da atividade científica, os métodos científicos, os fundamentos empíricos, e os aspetos culturais e sociais da ciência, são tão importantes como as suas fundações filosóficas, os conceitos científicos e as suas aplicações.

No entanto, diversos estudos têm demonstrado que os alunos, e por vezes também os professores, apresentam uma visão muito simplificada e estereotipada da ciência (Hokayem & BouJaoude, 2008; Lederman, 2006; Windschitl, Thompson & Braaten, 2008). Em geral, reconhecem a atividade científica como um processo indutivo, a-teórico, que emerge a partir de um vazio conceptual, não reconhecendo a ideia de que a ciência é uma atividade social, que emerge num determinado contexto que influencia não só o modo como se faz a investigação, mas também o modo como os fenómenos são observados e interpretados e mesmo as questões que os cientistas colocam sobre o mundo natural. Esta imagem não contextualizada da ciência reflete-se também numa visão tradicional da atividade científica como uma atividade obrigatoriamente experimental (e que normalmente decorre em laboratório).

Adicionalmente, para a maioria dos alunos, a superioridade do conhecimento científico vem “do” método científico e da possibilidade de o conhecimento poder ser provado como sendo verdadeiro. Adicionalmente a esta ideia de que o conhecimento científico pode ser provado, e intimamente associado a ela, vem a ideia de que o conhecimento científico é absoluto e definitivo. A questão da imutabilidade e da inquestionabilidade do conhecimento construído parece estar associado a maior validade e, logo, ao maior reconhecimento deste tipo de conhecimento. Diversos autores (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Windschitl et al., 2008) têm alertado para o perigo que esta ideia apresenta. Na verdade, se esta ideia não for adequadamente desconstruída poderá levar a uma visão negativa e desvalorizada do conhecimento produzido pelos cientistas. É, de facto, essencial que os alunos compreendam que, independentemente

da sua natureza provisória, o conhecimento científico é válido e que sejam capazes de associar essa natureza à sua generatividade, que permite sempre ir mais longe na compreensão dos fenómenos naturais.

Torna-se assim, essencial a exploração de temas relacionados com a história e filosofia da ciência que levaram ao conhecimento atual e não apenas os factos, e de questões epistemológicas acerca da natureza dos factos científicos, leis, hipóteses, teorias e evidência em todos os tópicos de ciência, incluindo os mais sensíveis como a evolução, para ajudar a desconstruir esta visão estereotipada e simplista da ciência (Anderson, 2007).

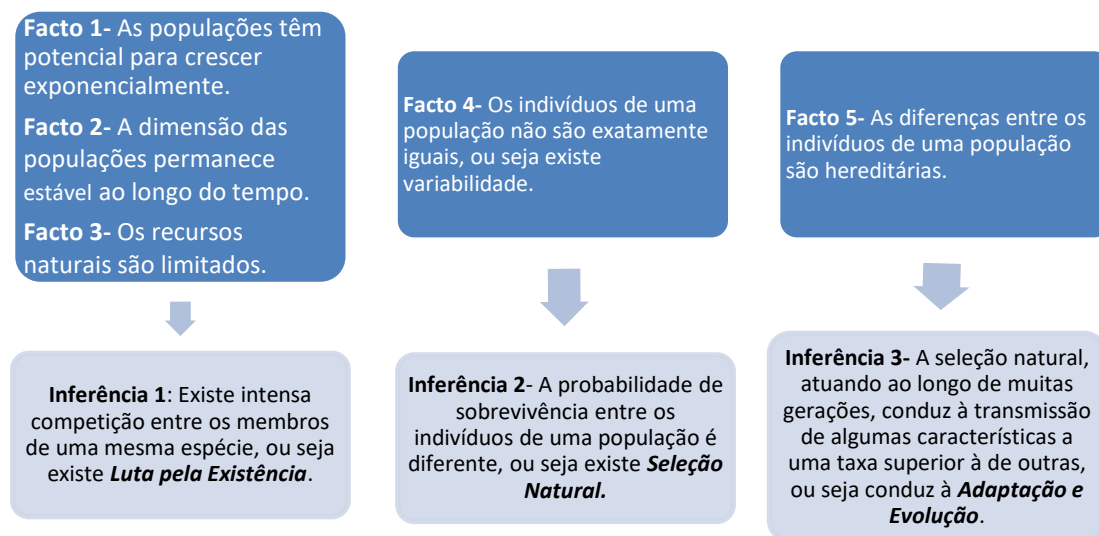
### **3. TEORIA DA EVOLUÇÃO E CONCEÇÕES ALTERNATIVAS**

Apesar da ideia de evolução através da seleção natural ser uma das mais poderosas e revolucionárias dos dois últimos séculos da história da ciência, compreender e “fazer compreender” esta teoria, em profundidade, continua a revelar-se um dos maiores desafios da Biologia e do ensino da Biologia. Nesta componente, começaremos por nos situar no campo científico, para vermos o que é a teoria da evolução e quais foram e são os principais obstáculos epistemológicos à sua aceitação, para depois nos movimentarmos para o ensino e aprendizagem da Biologia, para identificar as principais conceções alternativas dos alunos sobre esta teoria e discutir os principais obstáculos cognitivos que estão na sua origem. Veremos que os obstáculos epistemológicos, que se colocaram no campo científico, e os obstáculos cognitivos, que se colocam à aprendizagem do conceito, são, em grande parte, coincidentes.

#### *3.1. A teoria da evolução e os principais obstáculos epistemológicos à sua aceitação*

A teoria da evolução através da seleção natural foi pela primeira vez apresentada por Charles Darwin e Alfred Wallace, em 1858 e, um ano depois, desenvolvida detalhadamente por Darwin no seu livro *On The Origin of Species by means of Natural Selection*. Trata-se de uma teoria aparentemente simples, baseada em cinco factos ou observações e três inferências, de acordo com Mayr (2002), como se mostra na figura 1.

Figura 1. Síntese da Teoria da Evolução de Darwin. Baseado em Mayr (2002).



Segundo Darwin, os organismos de uma população apresentam variabilidade e os mais adaptados ao meio têm maior probabilidade de sobrevivência do que os menos adaptados, deixando um número maior de descendentes. Os organismos mais adaptados são, portanto, selecionados pelo ambiente, transmitindo as suas características hereditárias aos descendentes. Ao longo do tempo, este processo conduz à diversificação dos organismos e à formação de novas espécies (especiação). Regressaremos mais tarde a este esquema, a propósito do ensino da evolução. Para já, importa referir que esta teoria foi recebida com grande contestação por parte de muitos cientistas e com frieza e ceticismo por parte de muitos outros. Só depois i) dos trabalhos de Mendel, que permitiram a compreensão de como se originava e transmitia a variabilidade fenotípica; ii) dos estudos de genética populacional desenvolvidos por Fisher, Haldane e Wright; iii) da descoberta do DNA, por Watson e Crick, e iv) da subsequente proposta do Dogma Central da Biologia Molecular, que explica os modos de expressão e transmissão genética, é que a teoria da evolução de Darwin veio a ser aceite de modo consensual. Hoje, para além de uma teoria, a evolução é entendida como um facto, para o qual existem evidências irrefutáveis (Futuyma, 2005). Contudo persistem acesos debates, não acerca da sua existência, mas sim sobre quais são os mecanismos de evolução e como operam. A figura 2

Figura 2. Evolução do conceito de evolução, evidenciando os seus três principais períodos históricos e alguns dos contributos conceptuais fundamentais que lhes estão associados. Adaptado de Pligliucci & Müller (2010).



mostra como a teoria da evolução foi sendo aprofundada e ampliada ao longo do tempo.

É possível, através deste esquema, compreender como a evolução permite explicar e interligar diversos campos da Biologia e, em simultâneo, perceber como é profícua, ou seja como constitui “uma estrutura teórica que constantemente cria novos problemas e desafios, juntamente com os recursos para lidar com eles” (Lakatos, 1970, citado em Ruse, 2002, p. 82). Estas características- poder explicativo ou preditivo, poder unificador e fertilidade- são alguns dos valores epistémicos que conferem à teoria da evolução a sua robustez e o seu carácter científico.

Mas por que razão a teoria da evolução, proposta por Darwin, foi tão difícil de aceitar pela comunidade científica? Mayr (2004) identifica seis crenças que foram abaladas pelo darwinismo e que constituem obstáculos epistemológicos à sua aceitação: *crença*

*num mundo constante, crença na criação divina do mundo, crença na posição central do homem no mundo, crença no essencialismo* (ideia de que uma classe de entidades partilha um conjunto de características constantes, ou essência, que a distingue de outras), *crença numa interpretação causal da natureza* e *crença no finalismo ou causa teleológica*, ou seja a ideia que os fenómenos naturais têm um propósito ou finalidade.

### *3.2. Principais concepções alternativas acerca da evolução e obstáculos cognitivos que lhes estão associados*

Concepções alternativas são crenças, ideias ou teorias acerca dos fenómenos naturais, com um certo grau de consistência, partilhadas por diferentes pessoas em diferentes contextos e que estão em desacordo com o consenso científico (Driver, 1988; Gilbert & Watts, 1983). Pozo, Sanz, Gómez Crespo e Limón (1991) consideram que estas concepções podem ser de origem espontânea, induzida ou analógica e Driver (1988) caracteriza-as como bastantes estáveis e resistentes à mudança, podendo persistir após vários anos de ensino formal ou, até mesmo, serem por ele reforçadas.

Existem inúmeras investigações sobre concepções alternativas dos alunos acerca da evolução e conceitos relacionados e os resultados são consistentes entre elas. Assim, pode afirmar-se que alunos de várias partes do mundo, de todos os níveis de ensino, desde o ensino básico e secundário até ao universitário partilham essas concepções (Alters & Nelson, 2002; Beardsley, 2004; Bishop & Anderson, 1990; Corinne, 2009; Gastal, Goedert, Caixeta & Soares, 2009; Gregory, 2009; Jimenez, 1996; Shtulman, 2006). Vários estudos dão conta que, mesmo entre professores, persistem muitas destas concepções alternativas (Nehm & Schonfeld, 2007; Oleques, Santos & Boer, 2011).

A primeira condição para que o professor consiga desenvolver um ensino da evolução mais eficaz é estar consciente das principais concepções alternativas, para que as possa reconhecer, quando surgem em sala de aula, e atuar no sentido de as modificar. Assim, na tabela 1, em anexo, apresentam-se algumas das concepções alternativas mais relevantes e que funcionam como obstáculos à compreensão do pensamento evolutivo (University of California Museum of Paleontology, 2012). Paralelamente a cada concepção alternativa apresenta-se o conceito cientificamente correto, para que seja possível compreender as diferenças entre ambos. Finalmente, na última coluna



apresenta-se a origem de cada concepção alternativa, tal como explicada pela psicologia cognitiva e do desenvolvimento (Coley & Muratore, 2012; Gelman & Rhodes, 2012; Kelemen, 2012; Legare, Lane & Evans, 2013).

É possível constatar que alguns dos obstáculos cognitivos, identificados pelos psicólogos como característicos do pensamento das crianças e jovens (essencialismo, finalismo ou pensamento teleológico, antropomorfismo...) coincidem, em grande medida, com os obstáculos identificados pelo biólogo evolucionista e historiador da ciência Ernst Mayr (2004). A estes obstáculos acrescem as interpretações de senso comum de termos científicos, que têm usos diferentes no quotidiano e em ciência (tais como adaptação vista como habituação e evolução vista como progressão) e, ainda, a dificuldade no raciocínio populacional.

### *3.3. Uma progressão de aprendizagem para a teoria da evolução no currículo português*

As mais recentes recomendações acerca do ensino das ciências (College Board, 2009; NRC, 2007) estabelecem que o ensino das ideias nucleares deve ser organizado segundo progressões de aprendizagem. As progressões de aprendizagem são trajetórias hipotéticas de conceitos cada vez mais sofisticados, que têm como âncora inferior os conhecimentos prévios dos alunos e, como âncora superior, a expectativa de aprendizagem que o aluno deve alcançar e que incluirá os conceitos cientificamente consensuais. No final do ensino básico, estes conceitos que definem a âncora superior poderão, contudo, ter alguma falta de detalhe, uma vez que representam o que um indivíduo não especialista deve saber. Cada passo neste percurso será constrangido pelas concepções alternativas dos alunos.

No caso da ideia nuclear de evolução, e tendo por base os vários estudos já desenvolvidos nas áreas da psicologia cognitiva e do desenvolvimento e, também, na área da educação em ciência (Evan, Rosengren, Lane & Price, 2012; Lehrer & Schauble, 2012) será possível estabelecer uma âncora de base, fundada nas concepções prévias dos alunos, muitas delas concepções alternativas (tabela 1, em anexo). A âncora superior deverá ser estabelecida pela ideia darwiniana de evolução. Entre cada uma destas âncoras situar-se-ão, segundo Lehrer e Schauble (2012), os *building blocks* do pensamento evolutivo:

- i) Variabilidade - as espécies diferem entre si, bem como os indivíduos de uma mesma espécie. Apesar da diversidade do mundo vivo parecer evidente, as crianças tendem a centrar-se mais nas semelhanças, do que nas diferenças (essencialismo). Apesar desta capacidade ser útil para classificar e ordenar a natureza, pode constituir um obstáculo à aceitação e compreensão da evolução uma vez que contraria a permanência das propriedades;
- ii) Ecossistemas - os organismos tendem a ser diferentes segundo o local, com algumas espécies a existirem em maior abundância nalguns locais do que noutros. Compreender como funcionam os ecossistemas é fundamental à compreensão da evolução, já que os ecossistemas são os locais onde ocorre a reprodução, a variabilidade e a seleção natural que influencia a abundância e distribuição dos organismos de uma população;
- iii) Mudança - A ideia de evolução implica mudança em vários níveis de diferentes escalas: ao nível dos indivíduos, das populações e dos ecossistemas. Contudo, muitos autores consideram que a pedra de toque da teoria de Darwin é o pensamento populacional. As crianças não têm a mesma facilidade de compreensão do conceito de mudança nas diferentes escalas. A transição do pensamento ao nível do indivíduo para o pensamento populacional é difícil, uma vez que implica, não só, pensamento matemático acerca de distribuição estatística dos indivíduos por classes (dependendo da variabilidade que apresentam), mas também pensamento causa-efeito, quando um novo fator é introduzido no ambiente e conduz a alterações nessa distribuição. Por outro lado, estas variações devem ser coordenadas com o fator tempo.

Fica, também, patente, dado o carácter sintético da teoria da evolução, que uma das dificuldades associadas ao pensamento evolutivo reside, precisamente, no facto de apelar a múltiplas relações entre conceitos de áreas distintas da Biologia. De facto, a capacidade de sintetizar, ou seja a capacidade de juntar ou reorganizar vários elementos num todo funcional e coerente é, segundo Anderson e Krathwohl (2001), a mais complexa de todas as capacidades cognitivas, mais ainda que a capacidade de avaliar, ou seja de tecer juízos de valor, baseados em critérios ou provas.

Várias críticas têm sido apontadas ao facto de a teoria da evolução, sendo a teoria fundamental da Biologia, apenas surgir de modo explícito e mais aprofundado no programa de 11.º ano (Abreu, 2011), deixando os alunos que não prosseguem estudos em Biologia sem acesso a este conhecimento estruturante e que pode influenciar a forma como veem o mundo e nele se posicionam. Os elementos da figura 1 e os conceitos estruturantes do pensamento evolutivo, propostos por Lehrer e Schauble (2012), podem servir de *framework* para identificação dos conteúdos científicos presentes no programa de Ciências Naturais/Biologia que estão conectados com a teoria da evolução e constituem a base da sua aprendizagem.

Os conceitos associados à *Ecologia e ecossistemas* estão presente ao longo do 1.º ciclo, no 5.º ano e no 8.º ano. Estes conceitos voltam a estar presentes em todos os anos do ensino secundário.

A *variabilidade* entre indivíduos da mesma espécie ou da mesma população e como esta se relaciona com a hereditariedade é abordada no 1.º ciclo (tema: Eu e os outros); contudo, apenas volta a ser abordada, de forma explícita, no 9.º ano, a propósito da transmissão das características hereditárias, de forma completamente descontextualizada da dinâmica das populações e ecossistemas. Na verdade, em anos anteriores, nomeadamente no 5º e 8.º ano, é enfatizada a variação entre indivíduos de espécies diferentes (diversidade de animais e de plantas, classificação de seres vivos), mas não entre indivíduos da mesma população. Particularmente no 8º ano seria importante trabalhar este conceito já que ele está diretamente relacionado com a capacidade das espécies se adaptarem ao ambiente e de evoluírem.

Quanto ao conceito de *mudança*, principalmente no que respeita à mudança e dinâmica de populações, apesar de mencionada no currículo de 8.º ano, é outro dos “elementos estruturantes” do pensamento evolutivo pouco explorado. A orientação final do currículo de 8.º ano para a ação da espécie humana nos ecossistemas e para o desenvolvimento sustentável parece secundarizar a orientação para a evolução, quando afinal ambos os conceitos se relacionam intimamente. Na verdade, a manutenção da biodiversidade ou a extinção das espécies ocorrem, precisamente, porque os seres vivos evoluem em resposta a modificações do meio.

Futuras reorganizações do currículo de Ciências Naturais deverão ter em conta estas fragilidades, reforçando os conceitos estruturantes do pensamento evolutivo, de modo a que os alunos consigam compreender a teoria da evolução, no final do 8.º ano e reconhecer que o curso da seleção natural, ao qual a espécie humana não é isenta, depende, em grande medida, das ações da própria espécie humana sobre o ambiente.

#### **4. PROPOSTA DE ATIVIDADE DIDÁTICA SOBRE EVOLUÇÃO**

A atividade proposta centra-se na exploração didática da evolução, mais concretamente na seleção natural como mecanismo de especiação. Os alunos terão oportunidade de conhecer o trabalho de dois biólogos que estudam os tentilhões das Ilhas Galápagos e compreender o processo de especiação, através de um exemplo real. Por outro lado, com esta atividade podem também ser explorados alguns aspetos relacionados com a natureza da ciência e com as conceções alternativas associadas a esta temática.

Esta atividade é recomendada para implementação no 3º ciclo do ensino básico, no 8º ano de escolaridade, enquadrada no tema “dinâmicas de interação existentes entre os seres vivos e o ambiente”, permitindo aos alunos relacionar as alterações do meio com a evolução ou a extinção de espécies. Pode, também, ser implementada no 11.º ano, no tema “Evolução” permitindo, neste caso, ser explorada de modo mais aprofundado, nomeadamente através da introdução dos processos citológicos e genéticos responsáveis pela variabilidade numa população de seres vivos. Tal como apresentada, esta atividade constitui uma sequência de ensino, a implementar em várias aulas, contudo o professor pode optar por implementar uma ou outra componente, já que elas são relativamente independentes.

A sequência organiza-se em vários momentos de aprendizagem, correspondentes a diferentes conceitos estruturantes da ideia de evolução. Em simultâneo, são trabalhadas diversas competências investigativas, nomeadamente, classificar, registar observações, organizar dados, interpretar resultados, analisar informação relevante, tirar conclusões, desenvolver explicações e comunicar resultados. É importante notar que, na investigação em causa, os alunos devem analisar e adotar uma metodologia comparativa, contrastando uma população de tentilhões antes e depois de eventos meteorológicos drásticos (uma seca e um período de chuvas intensas). Este tipo de

investigações é frequentemente negligenciado no ensino das ciências, em favor do método experimental, o que pode dar aos alunos uma visão distorcida de como funciona a ciência. Como afirmam Lehrer e Schäuble (2012, p. 717), “consideramos que é importante que os alunos tenham oportunidade de aprender, contrastando casos. Este método de comparação é prevalente em estudos biológicos, mas geralmente subestimado na educação científica, excessivamente preocupada com o método experimental”.

Na primeira parte da atividade, os alunos observam e classificam os tentilhões com base nas suas características e constataam que estas características se relacionam com as condições do habitat em que vivem. Na segunda parte, com base em novos dados, podem compreender o conceito de “ancestral comum”, de hereditariedade, e da diversificação de espécies imprimida pelo meio. Na terceira parte, o foco é colocado numa única população de tentilhões: os alunos analisam quantitativamente e constroem gráficos sobre a variação do número de indivíduos dentro de uma única população ao longo do tempo, face a alterações do meio, o que lhes permite verificar como diferentes indivíduos, com diferentes características, têm diferentes probabilidades de sobrevivência. Esta “viragem” da diversidade de espécies para a diversidade dentro de uma única população é um aspeto central do pensamento evolutivo de Darwin e constitui uma das principais dificuldades dos alunos. Os alunos terão oportunidade de verificar que evoluir não implica o “esforço” de um indivíduo para se adaptar, mas sim uma seleção dos indivíduos mais adaptados. Por outras palavras, é contrariada uma conceção alternativa fundada no pensamento teleológico e trabalhado o pensamento populacional. Na quarta parte, existe uma nova mudança de escala, já que os alunos terão que se movimentar, novamente, para a unidade de análise “espécie” e compreender o conceito de especiação. Na última parte da atividade, são exploradas, de forma explícita, algumas dimensões da natureza da ciência, nomeadamente, a dimensão epistemológica, pessoal e social da ciência (Ziman, 2000).

A avaliação de cariz formativo desenvolve-se em simultâneo com o ensino, não surgindo depois de este estar concluído, como recomendam diversos autores (Assessment Reform Group, 2002). Assim, ao longo da atividade é possível ao

professor recolher diversas evidências de aprendizagem, quer através da observação, quer através da análise dos artefactos produzidos pelos alunos, possibilitando-lhe dar *feedback* no momento. Por outro lado, os alunos são convidados a analisarem criticamente o trabalho dos colegas e a fornecerem *feedback* por escrito, comparando-o com o seu próprio trabalho. Este trabalho de hétéro e autoavaliação, para além de promover competências interpessoais, conduz à necessidade dos alunos argumentarem e contra-argumentarem as suas ideias e opções, tal como fazem os cientistas com os seus pares.

## A seleção natural e a evolução dos tentilhões de Darwin

### NESTA ATIVIDADE:

- Parte 1: Agrupar tentilhões
- Parte 2: Reagrupar tentilhões com base em novas evidências
- Parte 3: Observar as variações nas populações de tentilhões
- Parte 4: Compreender a especiação
- Parte 5: Compreender a construção da ciência

### DURAÇÃO

Tal como se apresenta, a atividade constitui uma sequência de aprendizagem, que poderá ocupar dois ou três blocos de 90 minutos, dependendo da extensão da discussão.

### REFERÊNCIA DAS IMAGENS

Nesta página:

Peter e Rosemary Grant na Ilha de Daphne, capturando e medindo tentilhões, imagem acedida em março de 2016 em [http://www.nytimes.com/2014/08/05/science/in-darwins-footsteps.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2014/08/05/science/in-darwins-footsteps.html?_r=0)

Na página seguinte:

Tentilhões de Darwin, por Charley Harper, imagem acedida em março de 2016 em: <http://charleyharperartstudio.com/shop/LithographPrints/DarwinsFinches/LithographPrint>

Mapa das Ilhas galápagos, imagem acedida em março de 2016, em <https://stangbio.wikispaces.com/Evolution>

Gráfico, imagem acedida em março de 2016, em <http://excelmax.blogspot.pt/2015/02/graficos-personalizados-no-excel.html>

### Introdução

Existem treze espécies diferentes de tentilhões nas Ilhas Galápagos, ao largo da costa do Equador. Numa das ilhas, Daphne Major, os biólogos Peter e Rosemary Grant há muitos anos que se dedicam ao estudo de quatro dessas espécies de aves. Estes biólogos têm estudado os efeitos da seca e dos períodos de abundância sobre essas aves, e os resultados das suas experiências tiveram um enorme impacto na ciência evolutiva.

Nesta atividade, primeiro, irá analisar as características das treze espécies de tentilhões que habitam as ilhas Galápagos. Depois assistirá a um documentário sobre a



pesquisa realizada pelos Grants. Com base na informação apresentada no filme (*The Origin of Species: The Beak of the Finch*), em <http://www.hhmi.org/biointeractive/origin-species->

[beak-finch](#)) e nas suas próprias observações, irá construir um argumento e fazer previsões sobre o papel da seleção natural na evolução das populações de tentilhões.

### Material

- Computador com ligação à internet
- Cartões com os tentilhões (13 cartões por grupo de alunos)
- Uma cartolina ou papel de cenário, por grupo
- Massa adesiva (*bostik*)
- Cartões de notas (*post-it*)
- Papel milimétrico ou quadriculado
- Papel de escrita
- Canetas de cores diferentes (opcional)

## A seleção natural e a evolução dos tentilhões de Darwin



### PARTE 1: Agrupar os tentilhões

1. Em grupo, observe os cartões dos tentilhões e organize as espécies em grupos, com base nas suas características. Agrupar as espécies de acordo com características comuns pode fornecer pistas sobre como evoluíram.

2. Na cartolina, cole com *bostik* os cartões, de acordo com os grupos que criou. Dê a cada um dos grupos um nome informativo, escrevendo-o por baixo de cada grupo. Em notas de

*post-it*, liste os dados/ características em que se baseou para formar cada grupo.

3. Cole o cartaz do seu grupo na parede da sala. Depois de todos os cartazes expostos, circule pela sala para ver a exposição. Tome especial atenção a:

- Em que aspetos, os grupos de tentilhões formados pelos outros grupos se assemelham e diferenciam dos seus?

- Os dados usados pelos seus colegas são consistentes com os grupos que formaram?

4. Numa nota de *post-it*, escreva uma ou duas perguntas sobre a apresentação de cada grupo, e cole-as no poster correspondente. Assine o seu feedback.

5. Com base no que observou durante a visita à exposição, faça as alterações que entender no seu poster e justifique a sua revisão.

### PARTE 2: Reagrupar os tentilhões com base em novas evidências

6. Assista ao primeiro segmento do filme até ao minuto 5:36. Anote as respostas às seguintes perguntas, para posterior discussão:

- O que nos dizem os diferentes bicos sobre as diferentes espécies de tentilhões?

- Quais eram as duas hipóteses explicativas para a existência de 13 espécies de tentilhões existentes nas

ilhas Galápagos? Qual das hipóteses é hoje aceite e em que evidências se basearam os cientistas para a escolher?

- Em que medida a conclusão científica acerca da ancestralidade comum é importante para compreender os efeitos da seleção natural sobre a população de aves original?

7. Discussão de turma.

8. Retorne aos grupos de tentilhões, que estabeleceu na Parte 1. Em grupo e, se necessário, reorganize os grupos de aves com base no que observou no filme. Em seguida, use as informações do filme para rever nomes e dados/ evidências.

9. O que representam os diferentes grupos de tentilhões?



### PARTE 3: Observar as variações nas populações de tentilhões

10. Assista ao segundo segmento do filme, desde o minuto 5:36 até ao minuto 9:00. À medida que vê o filme, anote as evidências para responder às seguintes questões:

- Descreva o bico da população *Geospiza fortis* (espécie 12, nos cartões dos tentilhões).

- Como mudou a população

de tentilhões da ilha de Daphne Major em resultado das mudanças ambientais?

11. Individualmente, construa um gráfico de barras que mostre os tamanhos do bico da população de tentilhões terrestres, antes e após a seca. Estabeleça um número hipotético de indivíduos na população inicial. O gráfico

deve indicar o número de tentilhões para cada um dos quatro tamanhos de bicos (do menor ao maior) antes e após a seca. Inclua as seguintes categorias de tamanhos de bico no gráfico:

- tentilhões com bicos muito pequenos
- tentilhões com bicos pequenos





## A seleção natural e a evolução dos tentilhões de Darwin

### PARTE 3: Observar as variações nas populações de tentilhões

#### (continuação)

- tentilhões com bicos grandes

- tentilhões com bicos muito grandes

12. Compare o seu gráfico com o dos seus colegas de grupo e discuta.

13. Assista ao terceiro segmento do filme, desde o minuto 9:00 ao minuto

11:12. Depois de assistir ao filme, responda às seguintes perguntas.

- Como é o seu gráfico

comparado ao gráfico do filme? Alguém no seu grupo tem um gráfico mais semelhante ao do filme?

- Se ninguém no seu grupo tinha um gráfico semelhante ao do filme, que dados não foram considerados?

- Se o seu gráfico é semelhante ao filme, que aspetos do seu pensamento foram coincidentes com a ideia dos cientistas, no filme?

- Por que razão a seca teve um impacto tão grande sobre a população *Geospiza fortis*?

14. Em turma: Qual foi a resposta de Peter e Rosemary Grant à mudança radical na distribuição de tamanhos de bico em apenas uma geração de tentilhões? Se a seca tivesse continuado por mais tempo, esperaria que o seu gráfico fosse diferente? Como?

### PARTE 4: Compreender a Especiação

15. Assista ao segmento final do filme, desde o minuto 11:12 ao minuto 15:45. Enquanto vê o filme, recolha informação para responder ao seguinte:

- Como é que uma população ancestral de tentilhões pode dar origem a 13 espécies, cada uma com características diferentes?

16. Em grupo, crie um poster com uma representação gráfica do processo que levou ao surgimento das 13 espécies de tentilhões. Pode usar os cartões dos tentilhões para construir a sua representação. Prepare o poster como se fosse para expor num museu, de modo a que seja compreensível sem necessidade de uma explicação oral. Pode incluir uma legenda escrita.

17. Depois de cada grupo

expor o seu poster, visite a exposição. Durante a visita, cada grupo não pode explicar o seu poster, mas deve dar feedback sobre os trabalhos dos outros grupos, sob a forma de perguntas escritas. Assine esse feedback.

18. Depois da visita à exposição e do feedback recebido, que precisariam melhorar?

### PARTE 5- Compreender a construção da ciência

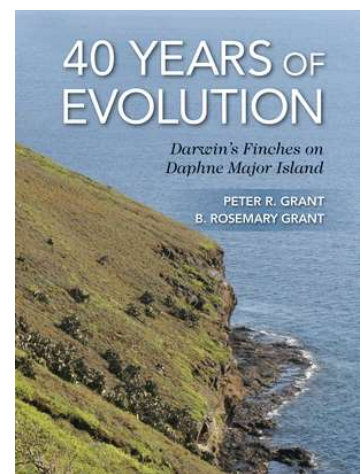
19. Com base no que aprendeu sobre o trabalho desenvolvido pelos dois biólogos, Peter e Rosemary Grant, discuta com os seus colegas a importância da observação no trabalho destes cientistas.

20. Concorde com a afirmação:

"A ciência é sempre realizada através dos seguintes passos: problema-hipótese-experiência-recolha de dados-conclusão"? Explique a sua resposta com exemplos do trabalho realizado por estes dois biólogos.

21. Que características

personais acha que foram importantes no trabalho destes cientistas?



## A seleção natural e a evolução dos tentilhões de Darwin



### PARTE 5- Compreender a construção da ciência (continuação)

**22.** A teoria sobre a seleção natural foi elaborada por Charles Darwin (1809-1882). Darwin demorou 22 anos a publicar o livro “A origem das espécies”, na qual defendeu a ideia central de que as espécies evoluem a partir de um ancestral comum, questionando assim a ideia vigente de uma origem divina.

Observe agora o seguinte vídeo acerca de Charles Darwin.

<http://www.pbslearningmedia.org/resource/tdc02.sci.life.evo.dar/evolving-ideas-who-was-charles-darwin/>

Com base no filme, discuta com os seus colegas que razões levaram a que Darwin tivesse tido tanto receio em publicar a sua teoria?

**23.** Indique uma outra temática sobre a qual se esteja atualmente a debater se deve ou não ser permitida a sua investigação e enuncie as razões para tal debate.

### REFERÊNCIA DAS IMAGENS

Na página anterior:

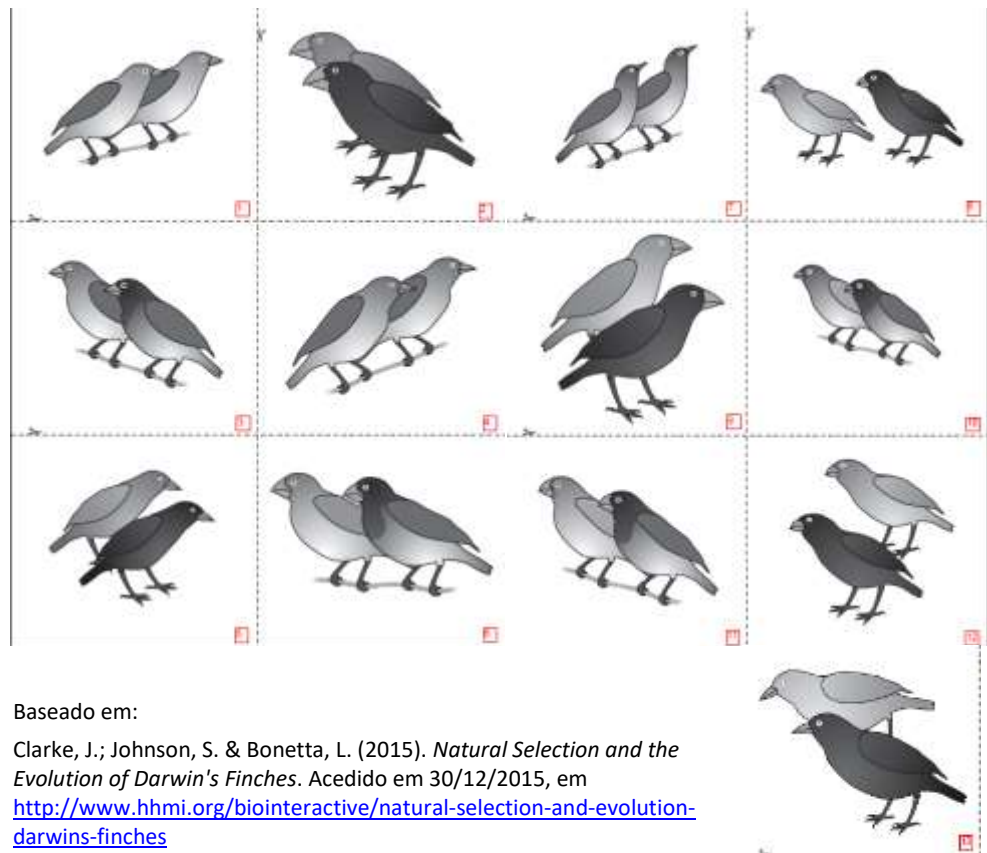
Radiação adaptativa, por Jackie Malvin, imagem acedida em março de 2016, em <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Finchadaptiveradiation.png?uselang=pt>

Capa do livro de Peter e Rosemary Grant, imagem acedida em março de 2016, em <http://press.princeton.edu/titles/10282.html>

Nesta página:

Retrato de Darwin, por Messers, 1881, imagem acedida em março de 2016 em [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles\\_Darwin#Portraits\\_of\\_Darwin](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_Darwin#Portraits_of_Darwin)

### Cartões com os tentilhões (para ampliar)



Baseado em:

Clarke, J.; Johnson, S. & Bonetta, L. (2015). *Natural Selection and the Evolution of Darwin's Finches*. Acedido em 30/12/2015, em <http://www.hhmi.org/biointeractive/natural-selection-and-evolution-darwins-finches>

## REFERÊNCIAS

- Abreu, H. (2011). Evolução: o seu ensino em Portugal. *Açoreana, (Suplemento 7)*, 369-375.
- Aikenhead, G. (2009). *Educação científica para todos*. (Tradução de Maria Teresa Oliveira). Ramada: Edições Pedagogo.
- Akyol, G., Tekkaya, C., Sungur, S., & Traynor, A. (2012). Modeling the Interrelationships among Pre-service Science Teachers' Understanding and Acceptance of Evolution. Their views on nature of science and self-efficacy beliefs regarding teaching evolution. *Journal of Science Teacher Education*, 23, 937-957.
- Alters B. J., & Nelson C.E. (2002). Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56(10), 1891-1901.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1989) *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: AAAS.
- Anderson, L., & Krathwohl, D. A. (2001). *Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Anderson, R. (2007). Teaching the theory of evolution in social, intellectual, and pedagogical context. *Science Education*, 91(4), 664-677.
- Assessment Reform Group. (2002) *Assessment for Learning: 10 Principles*. Cambridge: University of Cambridge School of Education. Acedido em 13/03/2016, em <http://cdn.aaia.org.uk/content/uploads/2010/06/Assessment-for-Learning-10-principles.pdf>
- Autio, O., Kaivola, T. & Lavonen, J. (2007). Context-based approach in teaching science and technology. In E. Pehkonen, M. Ahtee & J. Lavonen (Eds.), *How Finns Learn Mathematics and Science?* (pp. 199-201). Rotterdam: Sense Publishers.
- Avelar, T. (2007). A ciência como deve ser. In A. Gaspar (Coord.), *Evolução e Criacionismo: Uma relação impossível* (pp. 161-181). Vila Nova de Famalicão: Quasi Edições.

- Beardsley, P.M. (2004). Middle School Student Learning in Evolution: Are Current Standards Achievable? *The American Biology Teacher*, 66(9), 604-612.
- Bilica, K. (2012). A 5E Nature of Science Introduction: Preparing Students to Learn about Evolution. *Science Activities*, 49, 23–28.
- Bishop, B. A. & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415–427.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). *Inside the black box: Raising standards through classroom assessment*. Phi Delta Kappan. 80(2), 139-148.
- BouJaoude, S., Asghar, A., Wiles, J. R., Jaber, L., Sargedine, D., & Alters, B. (2011). Biology professors' and teachers' positions regarding biological evolution and evolution education in a Middle Eastern society. *International Journal of Science Education*, 33(7), 979–1000.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2): 175–218.
- Coley J.D. & Muratore, T.M. (2012). Trees, fish, and other fictions: folk biological thought and its implications for understanding evolutionary biology. In K. R. Rosengren, S. Brem, E. M. Evans, & G. Sinatra (Eds.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (pp. 22- 46). New York: Oxford University Press.
- College Board. (2009). *Science: College Board Standards for College Success*. N.Y.: College Board.
- Corinne, J. (2009). *L'enseignement de l'évolution des espèces vivantes à l'école primaire française. Rapports au savoir d'enseignants et d'élèves de cycle 3*. Education. Marseille: Université de Provence -Aix-Marseille.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35, 127-129.

- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6(2), 109-120.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Duschl, R. (2003). Assessment of inquiry. In J.M. Atkin & J. Coffey (Eds.), *Everyday assessment in science classrooms* (pp. 41-59). Washington, DC: NSTA Press.
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291.
- European Commission. (2004). *Europe Needs More Scientists: Increasing Human Resources For Science And Technology In Europe*. Brussels: European Commission.
- European Commission. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission.
- European Commission/Eurydice. (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Brussels: EACEA.
- Faria, C. & Pereira, G. (2009). Evolução versus Criacionismo: um debate possível? *Revista de Estudos Universitários (UNISO)*, 35(2), 33-46.
- Fensham, P. J. (2000). Issues for schooling in science. In R. T. Cross & P. J. Fensham (Eds.). *Science and the citizen for educators and the public* (pp. 73-77). Melbourne: Arena Publications.
- Fensham, P. (2008). *Science Education Policy-Making: Eleven Emerging Issues*. UNESCO.
- Futuyma, D. J. (2005). *Evolution*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
- Futuyma, D. J. (2009). Evolução e conhecimento científico. In A. Levy, F. Carrapiço, H. Abreu, & M. Pina (Orgs.), *Evolução. Conceitos e Debates* (pp. 25-36). Lisboa: Esfera do Caos.

- Galvão, C. (Coord.) (2001). *Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais para o 3º ciclo do ensino básico*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Galvão, C. & Serra, P. (2014). *Draft Specification for Junior Cycle Science Review and Critique*. Lisboa: Instituto de educação. Disponível em: [http://www.juniorycycle.ie/NCCA\\_JuniorCycle/media/NCCA/Curriculum/Science/Proofed\\_JC\\_Science\\_Specification\\_Review.pdf](http://www.juniorycycle.ie/NCCA_JuniorCycle/media/NCCA/Curriculum/Science/Proofed_JC_Science_Specification_Review.pdf)
- Galvão, C., Faria, C. Freire, S. & Baptista, M. (2016, *in press*). Curriculum Conception, implementation and evaluation: an experience. In B. Akban (Ed.), *Science Education: A Global perspective*. Switzerland: Springer.
- Gaspar, A., Mateus, O., & Almada, F. (2007). Os argumentos criacionistas em face da evidência científica. In A. Gaspar (Coord.), *Evolução e Criacionismo: Uma relação impossível* (pp. 197-237). Vila Nova de Famalicão: Quasi Edições.
- Gastal, M. L., Goedert, D., Caixeta, F. V., & Soares, M. N. T. (2009). Progresso, adaptação e teleologia em evolução: O que aprendemos, o que entendemos e o que ensinamos? *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências*, Florianópolis, Brasil.
- Gelman, S. A., & Rhodes, M. (2012). Two-thousand years of stasis: how psychological essentialism impedes evolutionary understanding. In K. R. Rosengren, S. Brem, E. M. Evans, & G. Sinatra (Eds.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (p. 3-21). New York: Oxford University Press.
- Gilbert, J.K. & Watts, M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98.
- Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2, 156–175.
- Harlen, W. (1999). *Effective teacher of science. A review of research*. Glasgow: The Scottish Council for Research in Education.

- Hokayem, H., & Boujaoude, S. (2008). College students' perceptions of the theory of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 395-419.
- Holbrook, J. (2008). Introduction to the Special Issue of Science Education International devoted to PARSEL. *Science Education International*, 19(3), 257-266.
- Jimenez, A. M. P. (1996). Darwinian and Lamarckian models used by students and its representation. In Fisher & M. Kibby (Eds), *Knowledge Acquisition Organization and Use in Biology* (pp 65–77). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Kaku, M. (2008). *A Física do impossível*. Lisboa: Gradiva.
- Kampourakis, K., & Gripiotis, C. (2015). Darwinism in Context: An interdisciplinary, highly contextualized course on nature of science. *Perspectives in Science*, 5, 25-35.
- Kelemen, D. (2012). Teleological minds: how natural intuitions about agency and purpose influence learning about evolution. . In K. R. Rosengren, S. Brem, E. M. Evans, & G. Sinatra (Eds.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (p. 66-92). New York: Oxford University Press.
- Lederman, N.G. (2006). Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In L. B. Flick, & N.G. Lederman (eds.), *Scientific Inquiry and Nature of science* (pp. 301-318). Dordrecht: Springer.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S.K. Abell, & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831–879). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Legare, C. K.; Lane, J. D. & Evans, E. M. (2013). Anthropomorphizing Science: How Does It Affect the Development of Evolutionary Concepts? *Merrill-Palmer Quarterly*, 59(2): 168-197.
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4): 701–724.

- Levy, A., Carrapiço, F., Abreu, H., & Pina, M. (2009). Introdução. In A. Levy, F. Carrapiço, H. Abreu, & M. Pina (Orgs.), *Evolução. Conceitos e Debates* (pp. 11-23). Lisboa: Esfera do Caos.
- Lombrozo, T., Thanukos, A., & Weisberg, M. (2008). The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1(3), 290–298.
- Marina, J. A. (1995). *Teoria da inteligência criadora*. Lisboa: Editorial Caminho.
- Mayr, E. (2002). *What evolution is*. Londres: Phoenix.
- Mayr, E. (2004). *What Makes Biology Unique? Considerations on the autonomy of a scientific discipline*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayr, E. (2009). O que é o Darwinismo? In A. Levy, F. Carrapiço, H. Abreu, & M. Pina (Orgs.), *Evolução. Conceitos e Debates* (pp. 41-61). Lisboa: Esfera do Caos.
- McComas, W.F. (2004). Keys to teaching the nature of science. *Science Teacher*, 71(9), 24.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: science education for the future*. London: Kings College.
- National Science Teachers Association [NSTA]. (2003). *NSTA position statement: The teaching of evolution*. Acedido em 15/03/2016, em: <http://www.nsta.org/about/positions/evolution.aspx>.
- National Research Council [NRC]. (1998). *Teaching About Evolution and the Nature of Science*. Washington, DC: National Academy Press. Acedido em 15/03/2016, em: <http://www.nap.edu/read/5787/chapter/1>.
- National Research Council [NRC]. (2007). *Taking Science to Schools. Learning and Teaching Science in Grades K-8*. R. A., Duschl, H. A., Schweingruber, A. W. Shouse, (Eds.). Committee on Science Learning, Kindergarten through Eighth Grade. Washington, DC: The National Academies Press.



- National Research Council [NRC]. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nehm, R.H., & Schonfeld, I.S. (2007). Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for teaching of evolution in schools? *Journal of Science Teacher Education*, 18, 699–723.
- OECD. (2013). *PISA 2012 Assessment and analytical Framework*. OECD Publishing.
- Oleques, I. C., Santos, M. L. B. & Boer, N. (2011). Evolução biológica: percepções de professores de biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 243-263.
- Osborne, J. & Dillon. J. (2008). *Science education in Europe: critical reflection*. London: The Nuffield Foundation.
- Pliglucci, M. & Müller, G. B. (2010). *Evolution: The extended synthesis*. Londres: The MIT Press.
- Pozo, J.A., Sanz, A., Gómez Crespo, M.A. & Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 83-94.
- Royal Society (2014). *Vision for Science and Mathematics Education*. London: The Royal Society Policy Centre.
- Ruse, M. (2002). *O mistério de todos os mistérios*. Vila Nova de Famalicão: Quasi Edições.
- Sagan, C. (1997). *Um mundo infestado de demónios*. Lisboa: Gradiva.
- Sanders, M., & Ngxola, N. (2009). Addressing teachers' concerns about teaching evolution. *Journal of Biological Education*, 43(3), 121–128.
- Scharmann, L.C. (2005). A proactive strategy for teaching evolution. *The American Biology Teacher*, 67, 12–16.

- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). *ROSE, The relevance of science education*. Oslo: University of Oslo, Department of education. Acedido em 15/03/2016, em: <http://www.uv.uio.no/ils/english/research/projects/rose/>
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, 52, 170–194.
- UNESCO-ICSU (1999). *Declaração sobre a Ciência e o uso do saber científico*. Paris: UNESCO.
- University of California Museum of Paleontology. (2012). *Misconceptions about evolution. Understanding Evolution*. Acedido em 15/03/2016, em: [http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/misconceptions\\_faq.php](http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/misconceptions_faq.php)
- Wellington, J. (Ed.). (1998). *Practical work in school science: Which way now?* London: Routledge.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the Scientific Method: Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.
- Ziman, J. (2000). *Real Science: What it is, and what it means*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Tabela 1- Concepções alternativas e suas origens cognitivas vs. Ideias científicas corretas mais relevantes

Concepção alternativa	Ideia científica correta	Causa/ Origem
1. A evolução é apenas uma teoria, que nunca foi provada.	A Teoria da Evolução é uma teoria científica. Uma teoria científica é um grupo de proposições usadas para explicar um fenómeno natural e implica coerência interna e externa, concordância com as observações e capacidades preditiva, unificadora e fecundidade (aptidão para abrir novos domínios de pensamento). O termo não implica um carácter provisório ou falta de certeza.	Senso-comum. A ideia assenta na confusão entre o que "teoria" significa no dia-a-dia e num contexto científico.
2. A Evolução é uma teoria sobre a origem da vida.	A teoria da evolução não engloba ideias ou evidências sobre a origem da vida. A Biologia Evolutiva trata de como a vida mudou depois da sua origem. Estuda os processos que levam à ramificação e diversificação da vida.	A ideia terá origem na confusão linguística e conceptual entre origem da vida e origem das espécies.
3. A teoria da evolução defende que a vida evolui aleatoriamente, ou seja, por acaso.	O acaso é importante na evolução, no entanto, alguns mecanismos de evolução não são aleatórios e estes fazem com que o processo global não seja aleatório. O processo de mutação, que gera a variação genética, é aleatório; mas a seleção não é aleatória. A seleção favorece os mais capazes de sobreviver e de se reproduzir num dado ambiente. Ao longo de muitas gerações de mutação aleatória e de seleção não aleatória, geram-se adaptações complexas. Dizer que a evolução acontece "por acaso" ignora metade da imagem.	- Usada pelos célticos, que recorrem ao acaso para desacreditar a teoria e valorizar o <i>design</i> divino (o olho humano não pode ser fruto do acaso); - Usada pelos que não compreendem que a evolução é um processo impelido por vários mecanismos integrados.
4. A evolução conduz ao progresso; os organismos ficam cada vez melhores com a evolução.	A seleção natural conduz à evolução de capacidades melhoradas para uma população sobreviver e se reproduzir; no entanto, isso não significa que a evolução seja progressiva, por várias razões: 1.ª Muitas vezes, a seleção natural permite a sobrevivência de indivíduos com uma gama de características que são "suficientemente boas" para se manterem. Alguns musgos, fungos, bactérias evoluíram pouco através do tempo; 2.ª Existem outros mecanismos de evolução que não causam mudança adaptativa (mutação, fluxo genético e deriva genética); 3.ª Características que são benéficas para um organismo num ambiente podem ser prejudiciais à sua sobrevivência quando o ambiente muda.	- Pensamento teleológico ou orientado para uma finalidade. - Senso-comum, que toma como sinónimos "evolução" e "melhoria".
5. Os organismos adaptam-se e evoluem ao longo da sua vida.	A evolução baseia-se em mudanças na composição genética de populações ao longo do tempo e não de indivíduos. São as populações, e não os organismos, que evoluem. Alterações num indivíduo ao longo do seu ciclo de vida não são causadas por mudanças nos genes. Novas variantes do gene (i.e., alelos) são produzidas na população, por mutação aleatória e, ao longo do tempo, a seleção natural pode favorecer essas variantes vantajosas, fazendo com que fiquem mais comuns na população e conduzam à evolução.	- Dificuldade em desenvolver um pensamento populacional. - Pensamento teleológico ou orientado para uma finalidade.
6. A seleção natural envolve organismos que se esforçam e que tentam adaptar-se.	A seleção natural resulta da variação genética numa população e no facto de alguns organismos serem capazes de deixar mais descendentes do que outros. A variação genética é gerada por mutação aleatória, processo que não é afetado por aquilo que os organismos "querem" ou "tentam alcançar". Ou um indivíduo possui genes que conferem vantagem reprodutiva, ou não. Os indivíduos não podem obter os genes certos por "sentirem necessidade".	- Pensamento teleológico ou orientado para uma finalidade. - Antropomorfismo, ou seja atribuição de consciência a outros seres vivos que não o homem.
7. A natureza age de modo a selecionar os melhores organismos.	A natureza não age de forma "deliberada" ou com "intenção" de eliminar os mais fracos, ela é indiferente no sentido em que apenas "existe", com as características físicas, químicas e biológicas, que definem cada habitat (fatores abióticos e bióticos).	- Pensamento teleológico ou orientado para uma finalidade. - Antropomorfismo. Atribuição de consciência à natureza.
8. Porque a evolução é lenta, os seres humanos não podem influenciá-la.	Muitos fatores podem favorecer a rápida evolução - pequeno tamanho da população, tempo de geração muito curto, grandes mudanças nas condições ambientais – e as evidências deixam claro que isso já aconteceu muitas vezes. Uma vez que os seres humanos podem causar grandes mudanças no ambiente, estamos com frequência a induzir evolução noutros organismos. São as alterações ambientais que levam à variação das frequências relativas dos genes numa população.	Sobrevalorização do fator tempo. Muitas vezes decorre do facto dos mecanismos de evolução não serem suficientemente explorados pelo professor.
9. Todas as características dos organismos são adaptações.	Enquanto algumas características são adaptações, muitas outras não são. Algumas podem ser o resultado de acasos, acidentes de história. Outras são neutras e, por isso, a seleção não atua sobre elas, mantendo-se; outras, ainda, podem ser subprodutos de uma outra característica. Por exemplo, a cor do sangue não é uma adaptação, resulta da cor da hemoglobina (essa sim, uma adaptação).	Finalismo ou pensamento teleológico. Todas as características têm de ter uma função e são adaptações: "Para que serve isso?"
10. O homem é o cume da evolução.	O homem é tão evoluído como uma bactéria, um rato ou um castanheiro. O homem é mais complexo que uma bactéria, mas tão evoluído quanto ela. Ambos os seres vivos fixaram estratégias adaptativas que maximizam a sua sobrevivência e reprodução, no ambiente em que vivem.	Prevalece a ideia do homem como ser perfeito, centro do universo e acima da restante natureza.

